

锁阳种子质量评价与分级标准研究

王 进^{1,3}, 罗光宏^{2,3*}, 张文辉¹, 张贵喜¹, 颜 霞³

1. 河西学院农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000

2. 河西学院 凯源生物技术开发中心, 甘肃 张掖 734000

3. 甘肃省高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室, 甘肃 张掖 734000

摘要: **目的** 建立锁阳种子质量评价技术体系并制定锁阳种子质量分级标准。**方法** 应用体视显微镜、电子天平和离体胚培养法, 对锁阳种子形态、千粒质量、胚率和生活力等进行测定, 应用数理统计方法分析出划分种子等级的主要指标和参考指标, 运用标准差法制定锁阳种子质量分级标准。**结果** 种子长 1.03~1.63 mm, 宽为 0.69~1.23 mm; 种仁长 0.61~1.05 mm, 宽 0.50~0.90 mm; 种子形态指标之间极显著相关 ($P<0.01$), 形态指标与千粒质量之间显著相关 ($P<0.05$), 而与生活力和胚率相关性不显著 ($P>0.05$), 千粒质量与生活力和胚率不相关 ($P>0.05$), 但生活力和胚率极显著相关 ($P<0.01$); 生活力是锁阳种子质量分级的主要指标, 净度、千粒质量和水分是种子质量分级的参考指标。**结论** 1 级种子生活力不低于 98%, 净度不低于 93%, 千粒质量不低于 0.8 g, 含水量不高于 8%; 2 级种子生活力 95%~98%, 净度不低于 86%, 千粒质量不低于 0.7g, 含水量不高于 8%; 3 级种子生活力 90%~95%, 净度不低于 80%, 千粒质量不低于 0.5 g, 含水量不高于 8%; 达不到 3 级种子标准的为不合格种子。

关键词: 锁阳; 种子质量; 评价技术; 分级标准; 千粒质量; 生活力

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2013)20-2923-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.20.024

Quality evaluation technology and grading standard for seeds of *Cynomorium songaricum*

WANG Jin^{1,3}, LUO Guang-hong^{2,3}, ZHANG Wen-hui¹, ZHANG Gui-xi¹, YAN Xia³

1. College of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye 734000, China

2. Kaiyuan Bio-tech Development Center, Hexi University, Zhangye 734000, China

3. Key Provincial Laboratory of Universities in Gansu Province for Characteristic Resources Utility in Hexi Corridor, Zhangye 734000, China

Abstract: Objective To establish the system of the quality evaluation technology for the seeds of *Cynomorium songaricum* and to draw up the quality grading standard for the seeds of *C. songaricum*. **Methods** A stereomicroscope, electronic balance, and the method of *in vitro* embryo culture were used to measure the morphology, grain, and embryo rate and viability for the seeds of *C. songaricum*. The method of mathematical statistics were adopted to analyze the main index and reference index of dividing grades of seed; The method of standard deviation was applied in developing the seed quality grading standard. **Results** Seeds were 1.03—1.63 mm long and 0.69—1.23 mm wide, kernel was about 0.61—1.05 mm long and 0.50—0.50 mm wide. There was a significant correlation among seed morphological indexes ($P<0.01$), and there was also a significant correlation between the morphological index and thousand-grain weight ($P<0.05$). There was no significant correlation among the morphological index, viability, and embryo rate ($P>0.05$) and there was no correlation among the thousand-grain weight, viability, and embryo rate ($P>0.05$), while there was a significant correlation between the viability and embryo rate ($P<0.01$); the viability was the main index in the quality grading for the seeds of *C. songaricum*; while the clarity, grain, and water were the reference indicators of quality grading of the seeds. **Conclusion** The seed quality of each grade should reach the following requirements. For the first grade seeds: seed viability is not less than 98%, purity is not less than

收稿日期: 2013-05-16

基金项目: 甘肃省科技支撑项目 (2GS035-A43-048-04); 甘肃省中小企业创新基金 (1110FCCG112); 甘肃省高校研究生导师项目 (0809-07); 甘肃省高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室项目 (XZ0707); 河西学院校长基金项目 (XZ201001)

作者简介: 王 进 (1974—), 男, 甘肃张掖人, 副教授, 主要从事种子抗逆生理等方面的研究。Tel: 15193466001

***通信作者** 罗光宏 Tel: (0936)8280003 E-mail: kyluo@hxyu.edu.cn

93%, thousand-grain weight is not less than 0.8 g, water content is not higher than 8.0%; for the second grade seeds, the seed viability is not less than 95%—98%, the purity is not less than 86%, the thousand-grain weight is not less than 0.7 g, water content is not higher than 8.0%; for the third grade seeds, seed viability is not less than 90%—95%, purity is not less than 80%, thousand-grain weight is not less than 0.5 g, water content is not higher than 8.0%; seeds that do not reach the standard of the third level are unqualified ones.

Key words: *Songaria cynomorium* Rupr.; seed quality; evaluation technology; grading standard; thousand-grain weight; viability

锁阳 *Cynomorium songaricum* Rupr. 为锁阳科 (Cynomoriaceae) 锁阳属 *Cynomorium* L. 多年生肉质寄生草本种子植物, 多寄生于蒺藜科 (Zygophyllaceae) 白刺属 *Nitraria* L. 植物的根部^[1-4]。与白刺的分布系统相似, 锁阳多生于干旱沙漠地带及荒漠区的湖盆边缘和洪积、冲积扇缘地带的盐渍化沙地^[5]。现代研究表明, 锁阳在抗肿瘤、调节人体免疫、延缓衰老和防治心血管疾病等方面也具有重要作用^[6]。除药用价值外, 锁阳还可提炼胶, 用于酿酒和饲料等^[7], 因此其具有重要的经济和药用价值。近年来由于掠夺式采挖, 使药源不断减少, 锁阳野生资源已处于濒临枯竭状态。为拯救和保护锁阳资源, 结合生态恢复和盐碱地改造, 在西北干旱地区进行人工种植锁阳刻不容缓。由于锁阳种子存在种皮致密坚硬、种子附属物质影响、胚后熟、种皮内存在发芽抑制物质等复杂的休眠特性, 导致自然萌发十分困难, 严重地阻碍了锁阳的自然和人工繁殖^[8-10]。近年来, 内蒙古、甘肃、宁夏等地结合生态建设展开了锁阳的人工接种和栽培, 但种源紧缺, 种子质量不稳定等因素严重制约了该产业的发展。研究锁阳种子质量评价方法和制定种子质量标准, 对节约用种, 保证种子质量及提高接种率具有重要意义。

目前, 除了人参种子具有国家标准外^[11], 杨俊岗^[12]对紫云英种子进行了质量分级, 徐荣等^[13]对肉苁蓉种子进行了质量评价和质量分级, 其他大部分中药材种子仍缺乏相应的检验方法和质量标准, 无法对市场上的中药材种子质量进行评价和控制。因此, 开展中药材种子质量评价技术和标准的研究是我国中药材规范化生产中的重要内容。本实验结合锁阳种子的生理和生殖特性, 对锁阳种子质量评价方法和技术进行研究, 初步建立了锁阳种子质量评价体系及锁阳种子质量分级标准。

1 材料与仪器

1.1 材料

2012年7月至10月, 在甘肃河西走廊的武威、张掖、酒泉等地的荒漠地带采集样品37份, 在新疆(和田)、宁夏(青铜峡)、内蒙古(阿拉善右旗)、青海(西宁)荒漠地带采集锁阳种子14份, 经笔者

鉴定为锁阳 *Cynomorium songaricum* Rupr. 的种子。将采集到的锁阳果穗进行搓揉脱粒, 所有种子均过0.5 mm 筛后经精选机12 m/s 精选。

1.2 仪器和试剂

镜台测微尺, 目镜测微尺, 载玻片, 天平(0.1 mg), 莱卡体式镜(S8APO), 培养皿, 发芽纸, 恒温培养箱等。

2 方法

2.1 种子形态指标

2.1.1 种子大小 随机取30粒锁阳种子, 置于平底玻璃片(5 cm × 10 cm), 在显微镜10倍视野下, 用镜台测微尺, 量取30粒种子的长、宽数据; 剔除种子种皮后置于载玻片, 用镜台测微尺, 量取30粒种仁的长与宽。

2.1.2 千粒质量 选择百粒法, 测100粒的平均质量, 做8个重复, 再换算成1 000粒种子的平均质量^[14]。

2.1.3 胚率 随机取4份测定千粒质量的105粒净种子, 去除附属物后, 用解剖针挑开浸泡过的种皮, 观察其胚, 计算胚率(胚率=有胚种子数/供试种子数)。

2.1.4 生活力 采用离体胚培养法, 用解剖针从吸胀种子中分离出胚, 将胚放在培养皿的湿润发芽纸上, 置于20℃恒温下, 每天光照8 h, 培养15 d, 并及时拣出腐烂和带菌的胚, 做记录。计算生活力百分率(生活力百分率=有生活力的总胚数/供检种子总数的百分率×胚率)^[14-15]。

2.1.5 种子含水量 采用低恒温烘干减重法, 即103℃8 h一次烘干法。将处理干净的种子在感量万分之一天平上称取试样5.000 g, 重复3次, 放在预先烘干和称过质量的铝盒内称质量, 然后放入预先预热的烘箱中, 103℃烘8 h, 取出后放入干燥器内冷却至室温后再称质量^[14-15]。

2.1.6 种子净度 采用宽法, 用感量万分之一天平称取试样5.000 g, 重复3次, 将试样分成净种子、其他植物种子和杂质3种成分, 分离后, 对各种成分均分别称质量, 计算种子净度^[14]。

2.2 数据统计分析及种子质量分级

采用Excel对数据进行整理, 应用SPSS 11.0

统计分析软件对种子形态指标、千粒质量、生活力、净度、水分等进行统计描述、单因素方差分析和相关性分析,利用标准差法^[12-13,16-18]将锁阳种子划分为4个等级。

3 结果与分析

3.1 种子形态指标、千粒质量、胚率及生活力测定结果和数据分析

锁阳种子细小圆滑,表面有纤维状附属物和花

柱遗留物,颜色一般为红褐色或深红色,极少数为乳白或浅红色。种子长1.03~1.63 mm,宽为0.69~1.23 mm,形态多呈球形、椭圆形和长圆形,少数一头钝圆一头尖。种仁乳白色,质地坚硬,长0.61~1.05 mm,宽0.50~0.90 mm,形态近乎球形。利用SPSS 11.0 统计分析软件对51份锁阳种子形态指标测定结果及千粒质量、胚率、生活力等进行统计描述,并进行单因素方差分析。具体结果见表1。

表1 锁阳种子的形态指标、千粒质量、胚率和生活力分析 ($n=51$)

Table 1 Analysis of seed morphological index, thousand-grain weight, embryo rate of seed, and viability of *C. songaricum* ($n=51$)

指标	种子长 / mm	种子宽 / mm	种仁长 / mm	种仁宽 / mm	千粒质量 / g	胚率 / %	生活力 / %
最大值	1.631 7	1.230 5	1.048 0	0.899 8	1.176	99.29	98.80
最小值	1.030 1	0.686 1	0.607 9	0.499 1	0.398	87.85	83.70
平均值	1.345 6	0.977 1	0.804 1	0.685 4	0.662	96.18	95.18
标准差	0.139 7	0.104 3	0.105 4	0.090 4	0.151	2.45	3.259 6
变异系数	0.103 9	0.106 8	0.131 1	0.131 8	0.228 1	0.025 4	0.034 2
<i>F</i> 值	14.24**	7.89**	48.75**	41.64**	28.76**	9.65**	11.29**

**表示极显著水平 ($P<0.01$)

**represents extremely significant level ($P < 0.01$)

由表1可见,除种子宽、种仁长、种仁宽外,锁阳种子各指标均存在极显著差异,种子胚率和生活力变异系数小,千粒质量变异系数较大,形态指标变异系数较小。

种子形态指标之间极显著相关 ($P<0.01$),形态指标与千粒质量之间显著相关 ($P<0.05$),而与生活力和胚率相关性不显著 ($P>0.05$),千粒质量与生活力和胚率不相关 ($P>0.05$),但生活力和胚率极显著相关 ($P<0.01$),因此可用千粒质量来代表种子形态指标,用锁阳生活力代表种子萌发潜力。为进一步

确定种子分级指标,对所有种子样品进行千粒质量、生活力、净度和含水量测定和分析,见表2。

3.2 不同来源锁阳种子千粒质量、生活力、净度、含水量测定结果和数据分析

由表3可见,不同来源的锁阳种子千粒质量最大为1.176 g,最小为0.398 g,平均为0.662 g,大部分集中在0.500 0~0.800 0 g,千粒质量变异系数高达22.81%;从生活力来看,锁阳种子生活力最大达98.30%,最小为83.70%,大部分集中在91%~98%,生活力变异仅为3.42%;不同来源的种子净

表2 锁阳种子形态指标、千粒质量、胚率和生活力等性状间的相关分析

Table 2 Correlation analysis of seed morphological index, thousand-grain weight, embryo rate of seed, and viability of *C. songaricum*

指 标	种子长	种子宽	种仁长	种仁宽	千粒质量	胚率	生活力
种子长	1	0.66**	0.51**	0.43**	0.33*	-0.13	-0.15
种子宽	0.66**	1	0.48**	0.52**	0.47**	0.07	0.05
种仁长	0.51**	0.48**	1	0.88**	0.33*	0.04	0.02
种仁宽	0.43**	0.52**	0.88**	1	0.32*	0.01	0.01
千粒质量	0.33*	0.47**	0.33*	0.32*	1	0.27	0.26
胚率	-0.13	0.07	0.04	0.01	0.27	1	0.97**
生活力	-0.17	-0.02	-0.04	0	0.26	0.97**	1

*表示显著水平 ($P<0.05$) **表示极显著水平 ($P<0.01$)

*represents extremely significant level ($P < 0.05$) **represents significant level ($P < 0.01$)

表3 不同来源锁阳种子的质量指标分析

Table 3 Analysis of seed quality index of *C. songaricum* from different sources

指 标	千粒质量 / g	生活力 / %	净度 / %	含水量 / %
最大值	1.176	98.80	96.41	8.36
最小值	0.398	83.70	68.93	6.39
平均值	0.662	95.18	86.35	7.47
标准差	0.151	3.259 6	6.362 5	0.494 8
变异系数	0.228 1	0.034 2	0.073 7	0.066 2
F 值	28.76**	11.29**	95.93**	34.95**

度差异较大,最高达 96.41%,最低为 68.93%,平均为 86.35%,大部分集中在 80%~92%,变异系数为 7.37%;不同来源种子含水量较低,最高为 8.36%,最低为 6.39%,平均为 7.49%,大部分集中在 7%~7.9%,变异系数为 6.62%。

3.3 锁阳种子质量分级结果与分析

3.3.1 各指标正态分布假设检验 对 51 份样品的千粒质量,生活力、净度和含水量 4 项指标分别作

正态分布假设检验,结果其 χ^2 值均小于查表得出的 $\chi^2_{0.05}$,可以认为这些锁阳种子千粒质量、生活力、净度和含水量 4 项指标完全遵从正态分布。

3.3.2 相关系数 (r) 显著性检验 锁阳种子千粒质量与种子生活力 $r=0.26$;净度与生活力 $r=0.23$,含水量与生活力 $r=-0.15$,千粒质量与净度 $r=0.08$,千粒质量与含水量 $r=-0.16$,净度与含水量 $r=-0.03$,各指标两两变数间直线相关关系均未达到显著水平,见表 4。

表4 不同来源锁阳种子的质量指标相关性分析

Table 4 Correlation analysis of seed quality index of *C. songaricum* from different sources

指 标	千粒质量	生活力	净 度	含水量
千粒质量	1.000 0	0.260 0	0.080 0	-0.160 0
生活力	0.260 0	1.000 0	0.230 0	-0.150 0
净度	0.080 0	0.230 0	1.000 0	-0.030 0
含水量	-0.160 0	-0.150 0	-0.030 0	1.000 0

*表示显著水平 ($P<0.05$) **表示极显著水平 ($P<0.01$)

*represents extremely significant level ($P<0.05$) **represents significant level ($P<0.01$)

3.3.3 主成分分析 锁阳种子前 3 个特征值累计贡献率已达到了 83.276%,说明前 3 个主成分基本包含了全部的指标信息,见表 5。取前 3 个特征值,并计算出相应的特征向量。

$$F_1=0.5527X_1-0.2535X_2+0.5805X_3+0.5415X_4$$

$$F_2=0.6199X_1+0.1578X_2+0.1766X_3-0.7481X_4$$

$$F_3=0.4012X_1+0.7146X_2-0.4267X_3+0.3825X_4$$

式中 X_1 为千粒质量, X_2 为生活力, X_3 为净度, X_4 为含水量

综合来看,在第 3 主成分表达式中,生活力 X_2 指标的系数最大,这个指标起主要作用,因生活力与千粒质量呈正相关,净度和含水量是有行政和经济手段所调控,因此可以把生活力作为锁阳种子分级的主要指标。

3.3.4 单项指标等级划分及等级分布频数统计 锁阳种子单项指标等级划分标准见表 6。千粒质量、生活力和净度 3 个指标采用平均数加上 1 倍标准差

作为 I、II 级的分界点,平均数作为 II、III 及分界点,平均数减去 1 倍标准差作为 III 级种子分界点下限。含水量采用平均数加上 1 倍标准差作为 I、II、III 级种子统一的上限指标。

3.3.5 锁阳种子各等级实际频数和理论频数比较 按发芽率进行种子质量分级, I、II、III 和 IV 级种子的实际频率分别为 9.80%、52.94%、27.45%和 9.80%,与理论频率也较吻合。各等级的实际频率和理论频数见表 7。

3.3.6 锁阳种子质量分级标准的制定 生活力尾数采用 0~2.5 逢 2.5 进位取整法,以解决不同等级的等距问题,千粒质量采用 4 舍 5 入小数点后留 1 位数法,含水量、净度采用逢小数点 4 舍 5 入取整法,修约后得到锁阳种子等级标准见表 8。

生活力是锁阳种子质量分级的主要指标,其他指标均达到生活力指标以上时,直接按照生活力定

表 5 锁阳种子质量指标主成分方差贡献

Table 5 Variance contribution of principal components seed quality indicators of *C. songaricum*

主成分	方差贡献	贡献率 / %	累计贡献率 / %
1	1.495 4	37.384	37.384
2	0.995 8	24.894	62.278
3	0.839 9	20.998	83.276
4	0.669 0	16.724	100.000

表 6 锁阳种子单项指标等级划分标准

Table 6 Single index standard of dividing grades of *C. songaricum* seeds

级别	千粒质量 / g	生活力 / %	净度 / %	含水量 / %
I	>0.813	>98.40	>92.71	<7.964 8
II	0.662~0.813	95.18~98.40	86.35~92.71	<7.964 8
III	0.511~0.662	91.92~95.18	79.99~86.35	<7.964 8
IV	<0.511	<91.92	<79.99	>7.964 8

表 7 锁阳种子各等级实际频数和理论频数

Table 7 Actual frequency and theoretical frequency of each level among *C. songaricum* seeds

等级	理论分布		千粒质量		生活力		净度		含水量	
	频数 / %	份数	频数 / %	份数	频数 / %	份数	频数 / %	份数	频数 / %	份数
I	15.9	8.11	11.76	6	9.80	5	19.61	10	29.41	15
II	34.1	17.39	33.33	17	52.94	27	33.33	17	29.41	15
III	34.1	17.39	43.14	22	27.45	14	33.33	17	29.41	15
IV	15.9	8.11	11.76	6	9.80	5	13.73	7	11.76	6
合计	100	51	100	51	100	51	100	51	100	51

表 8 锁阳种子质量等级标准

Table 8 Quality grade standard of *C. songaricum* seeds

等 级	分级标准			
	生活力 / %	净度 / %	千粒质量 / g	含水量 / %
I	≥98	≥93	≥0.8	≤8
II	95~98	86~93	0.7~0.8	≤8
III	90~95	80~86	0.5~0.7	≤8
IV (不合格种子)	≤90	≤80	≤0.5	>8

级；含水量达到规定要求时，千粒质量和净度其中有 1 项指标比生活力低 1 级，按照生活力级别定级；低 2 级时，按照生活力降低 1 级定级；两项指标均比生活力低 1 级时，按照生活力降低 1 级定级；两项指标均比生活力低 2 级时，按照生活力降低 2 级定级；净度比生活力等级低 1 级，千粒质量低 2 级时，按照生活力降低 1 级定级；净度比生活力等级低 2 级，千粒质量低 1 级，按照生活力等级低 2 级定级。生活力、净度和含水量 1 项不合格时，定为不合格种子。

4 讨论

由于目前锁阳种子基本来源于野生，没有品种之分，因此不存在纯度检测。本研究检测了锁阳种子生活力、净度、含水量和千粒质量 4 个指标，并进行了主成分分析，认为生活力是锁阳种子分级的主要指标，这与国际分级依据以种子净度以外的生活力单指标为主进行分级相符合。

净度的高低不是种子生物学特性所决定。行政和经济手段是决定种子净度高低的的主要因素，与种子生活力无关。但净度是种子收购、储藏中的主要

指标,生活力测定也是在净度基础上进行的,所以在种子质量评定时需要权衡考虑。

千粒质量可反映种子贮藏物质的多少、种子成熟度和幼苗长势等,千粒质量与锁阳生境、成熟度相关,同时与寄主直接相关,此指标在室内易于测定,且千粒质量与生活力显著相关,所以可以把千粒质量作为锁阳种子质量分级的重要指标。

含水量高低决定种子安全储存和种子寿命,由于锁阳种子产于西北荒漠地区,该区气候干燥,种子收获正值伏暑期,经过晾晒种子含水量较易控制在8.0%以下,可以把含水量作为锁阳种子质量分级的参考指标。

参考文献

- [1] 马毓泉. 内蒙古植物志 (第三卷) [M]. 第2版. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989.
- [2] 陈叶, 罗光宏, 王进, 等. 锁阳的一个新寄主植物 [J]. 中草药, 2010, 42(5): 1007-1008.
- [3] 王进, 罗光宏, 陈叶, 等. 锁阳寄主植物的一个国内新纪录——多裂骆驼蓬 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(12): 3244-3246.
- [4] 王晓梅, 张倩, 热娜·卡斯木, 等. 锁阳全草化学成分的研究 [J]. 中草药, 2011, 42(3): 458-460.
- [5] 黄林芳, 谢彩香, 陈士林, 等. 沙生药用植物锁阳产地适宜性的定量评价 [J]. 植物学报, 2010, 45(2): 205-211.
- [6] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [7] 王一峰, 王春霞, 杨文玺, 等. 锁阳资源的综合开发利用研究 [J]. 中兽医医药杂志, 2006, 24(3): 65-68.
- [8] 苏格尔, 包玉英. 锁阳 (*Cynomorium songaricum* Rupr.) 的寄生物学特性及其人工繁殖 [J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 1999, 30(2): 214-218.
- [9] 李天然, 苏格尔, 刘基焕, 等. 寄生药用有花植物锁阳在寄主体内的繁殖 [J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 1994, 25(6): 673-679.
- [10] 陈贵林, 安天悦, 靳尚武, 等. 锁阳种子特性及活力的研究 [J]. 种子, 2011, 30(1): 21-23.
- [11] 中国农业科学院特产研究所. 人参种子 [M]. 北京: 国家标准书局, 1987.
- [12] 杨俊岗. 紫云英种子分级标准和检验操作规程的研究探讨 [J]. 种子, 1985, 3(1): 19-20.
- [13] 徐荣, 周峰, 陈君, 等. 肉苁蓉种子质量评价技术与分级标准研究 [J]. 中药材, 2009, 32(2): 475-478.
- [14] 尹燕桦, 董学会. 种子学实验技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [15] 傅家瑞. 种子生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1992.
- [16] 邹铨, 罗丽芬, 王凤霞, 等. 兴安落叶松樟子松红松种子等级划分标准的探讨 [J]. 东北林学院学报, 1985, 13(1): 19-28.
- [17] 龚毅红, 陈斌, 李奇, 等. 高山松种子质量分级标准初步研究 [J]. 四川林业科技, 2006, 27(1): 72-74.
- [18] 刘红虹, 李基平. 林木种子质量分级研究 [J]. 林业调查规划, 2003, 28(4): 108-111.